

51

Int. Cl.:

B 01 j, 9/04

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



52

Deutsche Kl.: 12 g, 4/02

10

11

21

22

43

44

Auslegeschrift 2 201 528

Aktenzeichen: P 22 01 528.7-41

Anmeldetag: 13. Januar 1972

Offenlegungstag: —

Auslegetag: 2. November 1972

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität

32

Datum: —

33

Land: —

31

Aktenzeichen: —

54

Bezeichnung:

Reaktionsapparat zur Durchführung exo- und endothermer katalytischer Prozesse mit Radialströmung des Wärmetauschmittels

61

Zusatz zu: —

62

Ausscheidung aus: —

71

Anmelder:

Deggendorfer Werft u. Eisenbau GmbH, 8360 Deggendorf

Vertreter gem. § 16 PatG: —

72

Als Erfinder benannt:

Wanka, Oskar, 8360 Deggendorf; Güthuber, Friedrich, 8354 Metten; Graf, Hermann, 8355 Hengersberg

56

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DT-PS 946 342

DT-OS 1 601 162

DT 2201528

Patentansprüche:

1. Reaktionsapparat zur Durchführung exo- und endothermer katalytischer Reaktionen mit einem Kontaktrohrbündel und radialer Zu- bzw. Abführung eines Wärmetauschmittels über je eine Ringleitung mittels einer Pumpe im Kreislauf über einen außenliegenden Wärmetauscher, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Reaktionsbehälter (1; 28; 32) im Längsabstand der Kontaktrohre (2) in an sich bekannter Weise querliegende Umlenkscheiben (7, 8) mit abwechselnd am inneren und am äußeren Rand liegenden Durchtrittsquerschnitten angeordnet sind und wobei ferner mindestens eine weitere Ringleitung (20, 21; 31 bis 35; 47, 52, 53, 55) zum Zu- bzw. Abführen einer regelbaren Teilmenge des Wärmetauschmittels an mindestens einer Zwischenstelle angeordnet ist.

2. Reaktionsapparat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Reaktionsbehälter (42) durch mindestens eine durchgehende Trennscheibe (43, 44) in zwei oder mehr Abschnitte (42', 42'', 42''') unterteilt ist, wobei in jedem Abschnitt Zu- bzw. Abführungsstellen des Wärmetauschmittels angeordnet und die Kontaktrohre (2) gegen die Trennscheiben (43, 44) abgedichtet sind.

3. Reaktionsapparat nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß für jeden Bereich des durch einen Abschnitt des Reaktionsbehälters (42) geführten Wärmetauschmittels eine besondere Umwälzpumpe (45; 50; 57) vorgesehen ist.

4. Reaktionsapparat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Umlenkscheiben (7, 8) und den Kontaktrohren (2) unterschiedlich groß bemessene Spalte im Sinne einer annähernd konstanten Querströmungsgeschwindigkeit des Wärmetauschmittels ausgebildet sind.

5. Reaktionsapparat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstände zwischen benachbarten Umlenkscheiben (7, 8) in Anpassung an die durch jeden Bereich strömenden Mengen des Wärmetauschmittels verschieden groß sind.

6. Reaktionsapparat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Mantel des Reaktionsbehälters (42) doppelwandig ist und die beiden Wände zur Bildung der Ringleitungen (46, 47; 52, 53; 55, 56) dienen.

Die Erfindung bezieht sich auf einen Reaktionsapparat zur Durchführung exo- und endothermer katalytischer Reaktionen. Eine übliche Bauart solcher Apparate besteht aus einem Behälter, in dem ein vertikales Kontaktrohrbündel untergebracht ist. Diese Kontaktrohre, die eine Katalysatormasse enthalten, sind mit ihren Enden in Rohrböden abdichtend befestigt und münden in je eine am oberen bzw. unteren Ende mit dem Behälter verbundene Haube. Über diese Hauben wird ein die Kontaktrohre durchströmendes Reaktionsgas zu- bzw. abgeführt.

Ferner wird im allgemeinen ein Wärmetausch-

mittel durch den die Kontaktrohre umgebenden Raum des Behälters geleitet, um die jeweils nach Art des chemischen Prozesses frei werdende oder verbrauchte Wärme aufzunehmen bzw. zu ergänzen. Dieses Wärmetauschmittel wird nach dem Austritt aus dem Behälter durch eine Kühl- bzw. Heizeinrichtung wieder auf seine ursprüngliche Temperatur gebracht, bevor es im Kreislauf wieder in den Behälter eintritt.

Zur gleichmäßigen äußeren Beaufschlagung der Kontaktrohre durch das Wärmetauschmittel in dem axial durchströmten mittleren Bereich hat man Verteilerplatten angeordnet, deren Durchtrittsöffnungen entsprechend dem Druckhöhenverlust des in den beiden Endbereichen quer zu den Kontaktrohren, also parallel zu den Verteilerplatten geführten Wärmetauschmittels unterschiedlich bemessen sind.

Ferner hat man an Stelle der vorwiegenden Längsströmung auch schon eine vorwiegende Querströmung des Wärmetauschmittels mit Bezug auf die Kontaktrohre vorgesehen, und zwar durch Anordnung von Umlenkscheiben, die abwechselnd an den gegenüberliegenden Seiten einen Durchtrittsquerschnitt frei lassen (deutsche Auslegeschrift 1 039 040). Ein solcher Strömungsverlauf eignet sich aber nicht für Reaktionsapparate großer Leistungen, bei denen wegen der großen Zahl von Kontaktrohren auch das Verhältnis von Durchmesser zur Länge des Reaktionsbehälters entsprechend groß ist und deshalb der Strömungswiderstand für das Wärmetauschmittel durch die vielen in jedem Zuge der mehrfachen Umlenkungen quer zu seiner Strömungsrichtung verlaufenden Kontaktrohre vergleichsweise sehr groß ist. Dafür ist nämlich einerseits eine unwirtschaftlich große Umwälzleistung für das Wärmetauschmittel erforderlich, andererseits strömt ein unzulässig hoher Teil desselben durch die Spalte zwischen den einzelnen Kontaktrohren und den Umlenkscheiben.

Die Mängel der reinen Querströmung des Wärmetauschmittels können mit einer Radialströmung vermieden werden, bei der das Wärmetauschmittel innerhalb des Reaktionsbehälters durch Anordnung von Umlenkscheiben, die abwechselnd in der Mitte und an ihrem äußeren Rand einen Durchtrittsquerschnitt frei lassen, nacheinander jeweils von außen nach innen und von innen nach außen geleitet wird. Diese Anordnung ist insbesondere für ringförmig angeordnete Rohrbündel mit einem freien zentralen Raum geeignet und für Wärmetauscher an sich bekannt (britische Patentschrift 310 157).

Im Zusammenhang mit der Kreislaufführung eines Wärmetauschmittels über einen außenliegenden Wärmetauscher ist bei Rohrbündelapparaten auch die Anordnung von Ringleitungen an den beiden Enden des Reaktionsbehälters mit über den ganzen Umfang desselben verteilten Öffnungen zur gleichmäßigen radialen Zu- bzw. Abführung des Wärmetauschmittels bei dessen axialer Führung im ganzen mittleren Bereich der Kontaktrohre bekannt (deutsche Offenlegungsschrift 1 601 162).

Bei solchen Reaktionsapparaten wird vielfach angestrebt, die Temperaturdifferenz des Wärmetauschmittels sowohl in einem waagerechten Schnitt als auch zwischen Ein- und Austritt des ganzen Apparates möglichst konstant zu halten. In speziellen Fällen ist es nun aber erforderlich, den Temperaturverlauf entlang der Kontaktrohre nicht konstant zu

halten, um eine möglichst hohe Ausbeute beim Reaktionsvorgang zu erzielen.

Die Erfindung geht deshalb von der Überlegung aus, die Temperaturcharakteristik des Wärmetauschnitts entlang den Kontaktrohren in bestimmter Weise zu verändern. Dazu bedarf es zusätzlicher Maßnahmen zum Beeinflussen der Wärmeabfuhr bzw. -zufuhr. Demgemäß besteht die Erfindung, ausgehend von dem zuletzt beschriebenen, bekannten Reaktionsapparat, darin, daß in Verbindung mit der an sich bekannten abwechselnd einwärts und auswärts gerichteten Radialströmung des Wärmetauschnitts ferner mindestens eine weitere Ringleitung zum Zu- oder Abführen einer regelbaren Teilmenge des Wärmetauschnitts an mindestens einer Zwischenstelle angeordnet ist.

Dabei werden die Spalte zwischen den Umlenkscheiben und den Kontaktrohren vorteilhaft derart ausgebildet, daß die Querströmungsgeschwindigkeit innerhalb einer Zone annähernd konstant gehalten wird, wodurch erreicht wird, daß auch der Wärmeübergang innerhalb einer Zone konstant ist. In Verbindung mit unterschiedlichen Abständen der Umlenkscheiben wird auch erreicht, daß die Temperaturdifferenzen und die Druckverluste in einem waagerechten Schnitt innerhalb einer Zone auf ein Minimum reduziert werden.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausbildung der Erfindung ist der Reaktionsbehälter durch mindestens eine quer zu den Kontaktrohren durchgehende Trennscheibe in zwei oder mehr Abschnitte unterteilt, wobei für jeden Abschnitt besondere Zu- und Abführungen des Wärmetauschnitts angeordnet sind. Im Zusammenhang damit kann es sich empfehlen, für jeden Bereich des durch einen Abschnitt des Reaktionsbehälters geführten Wärmetauschnitts eine besondere Umwälzpumpe und gegebenenfalls auch einen besonderen Wärmetauscher vorzusehen. Dabei können ferner für die einzelnen, durch Trennscheiben gegeneinander abgegrenzten Abschnitte des Reaktionsbehälters verschiedene Wärmetauschnitts und/oder für die zugehörigen Bereiche der Kontaktrohre verschiedene Kontaktmassen verwendet werden.

Der Gegenstand der Erfindung ist in der Zeichnung in mehreren Ausführungsformen beispielsweise schematisch dargestellt.

Fig. 1 zeigt im Längsschnitt einen Reaktionsbehälter 1, in dem ein ringförmig angeordnetes Bündel vertikaler Kontaktrohre 2 sich befindet. Die Kontaktrohre sind mit ihren Enden in einem oberen und einem unteren Rohrboden 3 bzw. 4 abdichtend befestigt und münden in anschließende Häuben 5 bzw. 6.

Die Kontaktrohre sind, wie üblich, mit einer Katalysatormasse gefüllt und werden von einem Reaktionsgas von oben nach unten oder umgekehrt durchströmt.

Quer zu den Kontaktrohren 2 sind in Abständen mehrere horizontale Umlenkscheiben angeordnet, die in zwei Gruppen 7, 8 abwechselnd in der Mitte und an ihrem Außenrand Durchtrittsquerschnitte freigeben. Außerdem weisen diese Umlenkscheiben an den Stellen der durch sie hindurchgeführten Kontaktrohre 2 Ringspalte auf, deren Breite und damit Durchtrittsquerschnitt gegebenenfalls etwas unterschiedlich bemessen ist, um durch die dadurch verursachten Leckströme eine möglichst gleichmäßige

Strömungsgeschwindigkeit und damit Wärmeübertragung innerhalb der einzelnen Radialströmungsbereiche zwischen zwei benachbarten Umlenkscheiben zu erreichen.

In der Mitte des Reaktionsapparates ist ein vertikales Rohr 9 angebracht, an dem die inneren Umlenkscheiben 8 befestigt sind.

Zur Zu- und Abführung eines Wärmetauschnitts, das bei Durchführung eines exothermen chemischen Prozesses die beim Reaktionsvorgang in den Kontaktrohren frei werdende Wärme aufnehmen soll, ist der Reaktionsbehälter 1 am oberen und unteren Ende über ringsum verteilte Mantelöffnungen 10, 11 mit je einer Ringleitung 12, 13 verbunden.

Die beiden Ringleitungen 12, 13 sind über Rohrstutzen 14, 15 mit dem Gehäuse 16 des Kühlers verbunden, in dem eine Rohrschlange 17 mit außenliegenden Zu- und Ableitungen angeordnet ist. Außerdem ist in das Kühlergehäuse von oben her eine von einem Elektromotor 18 angetriebene Axialpumpe 19 eingebaut.

Zwischen den beiden Ringleitungen 12, 13 sind unmittelbar oberhalb bzw. unterhalb einer gegen den Mantel des Reaktionsbehälters 1 abdichtenden ringförmigen Umlenkscheibe 7 zwei weitere Ringkanäle 20, 21 angeordnet, die ebenfalls einerseits mit dem die Kontaktrohre 2 umgebenden Innenraum des Reaktionsbehälters 1 über ringsum verteilte Mantelöffnungen 22, 23 in Verbindung stehen und andererseits über Rohrstutzen 24, 25 an das Kühlergehäuse 16 angeschlossen sind. Der Durchtrittsquerschnitt der Rohrstutzen 24, 25 kann durch einstellbare Drosselorgane 26, 27 verändert werden.

Die Betriebsweise dieser Einrichtung ist folgende: Das durch die Axialpumpe 19 entsprechend den Pfeillinien im Kreislauf durch den Reaktionsbehälter 1 und das Kühlergehäuse 16 umgewälzte Wärmetauschnitt tritt über den oberen Rohrstutzen 14, den oberen Ringkanal 12 und die zugehörigen Mantelöffnungen 10 in den Reaktionsbehälter 1 ein. Dort durchströmt es zunächst radial einwärts den obersten Abschnitt der Kontaktrohre 2 zwischen dem oberen Rohrboden 3 und der obersten ringförmigen Umlenkscheibe 7. Nach der Umkehr der Strömungsrichtung in dem rohrfreien, zentralen Teil des Innenraumes gelangt das Wärmetauschnitt dann zwischen der obersten Umlenkscheibe 7 und der nächstfolgenden Umlenkscheibe 8 der anderen Gruppe radial auswärts bis an den Mantel des Reaktionsbehälters. Diese abwechselnden Einwärts- und Auswärtsströmungen wiederholen sich noch mehrmals, bis das Wärmetauschnitt am unteren Ende des Reaktionsbehälters 1 durch die Mantelöffnungen 11, die Ringleitung 13 und den Rohrstutzen 15 in das Kühlergehäuse 16 eintritt, um dort die von den Kontaktrohren 2 aufgenommene Wärme an die von einem Kühlmittel durchströmte Rohrschlange 17 wieder abzugeben.

Da im oberen Bereich des Reaktionsbehälters relativ die meiste Wärme anfällt, wird ein Teil des Wärmetauschnitts nach entsprechender Temperatursteigerung bereits nach einer inneren Umlenkung durch die Ringleitung 20 und den Rohrstutzen 24 in das Kühlergehäuse 16 zurückgeleitet. Eine weitere Teilmenge wird nach der nächsten inneren Umlenkung durch die Ringleitung 21 und den Rohrstutzen 25 in das Kühlergehäuse 16 zurück-

WIDERSTAND
24 3,57158

geleitet, während die restliche Teilmenge im Reaktionsbehälter bis zum unteren Ende verbleibt. Durch die Regelung der vorher abgezweigten Teilmengen mittels der Drosselorgane 26, 27 kann eine bestimmte Temperaturcharakteristik des Wärmetauschnitts in Längsrichtung der Kontaktrohre 2 entsprechend der von oben nach unten unterschiedlich anfallenden Wärme erreicht werden.

Fig. 2 und 3 verdeutlichen im Querschnitt durch die Ringleitungen 12, 13 und die zugehörigen ringsum verteilten Mantelöffnungen 10, 11 die gleichmäßige radiale Zu- bzw. Abführung des Wärmetauschnitts.

Fig. 4 zeigt eine andere Anordnung bezüglich des Umlaufsystems des Wärmetauschnitts im Sinne der Erfindung. Es erfolgt außer der Zuführung des Wärmetauschnitts über eine am oberen Ende des Reaktionsbehälters 28 angeordnete Ringleitung 29 und der Abführung über eine am unteren Ende desselben angeordnete Ringleitung 30 sowohl eine zusätzliche Abführung als auch eine zusätzliche Zuführung von regelbaren Teilmengen des Wärmetauschnitts in verschiedener Höhe zwischen den beiden Enden des Reaktionsbehälters 1 über drei bzw. zwei Ringleitungen 31, 32, 33 bzw. 34, 35, deren Anschluß-Rohrstutzen mit Drosselorganen 36 ausgerüstet sind. Die beiden zur zusätzlichen Abführung von Wärmetauschnitt dienenden drei Ringleitungen 31, 32, 33 sind auf der Saugseite einer Umwälzpumpe 37, die zur zusätzlichen Zuführung von Wärmetauschnitt dienenden beiden Ringleitungen 34, 35 auf der Druckseite einer zweiten Umwälzpumpe 38 an je ein Gehäuse 39 bzw. 40 angeschlossen.

In dem Gehäuse 39 befindet sich eine von einem Kühlmittel durchströmte Rohrschlange mit außenliegenden Zu- und Ableitungen, wodurch die vorwiegend im oberen Bereich des Reaktionsbehälters zusätzlich über die Ringleitungen 31, 32, 33 abgeführten Teilmengen des Wärmetauschnitts gekühlt werden, um dann gemeinsam über die oberste Ringleitung 29 wieder in den Reaktionsbehälter 28 zurückgeführt zu werden. Mittels eines Ventils 41 werden die Kühlmittelmengen und damit die abgeführte Wärmemenge in Abhängigkeit von der Temperatur an einem bestimmten Punkt *a* im Reaktionsbehälter 28 geregelt.

Im Bereich der etwa in der Mitte des Reaktionsbehälters 28 und noch weiter unten erfolgenden zusätzlichen Zuführung von regelbaren Teilmengen des Wärmetauschnitts ist dagegen eine besondere Kühlung nicht erforderlich. Diese erfolgt bereits durch die Vermischung des Wärmetauschnitts mit dem Kreislauf der zusätzlich abgeführten und in gekühltem Zustand zurückgeführten Teilmengen. Dieser Kreislauf wirkt sich nämlich auch auf eine intensive Umwälzung im unteren Bereich des Reaktionsbehälters 28 aus.

Die gewünschte Temperaturcharakteristik des Wärmetauschnitts entlang der (in Fig. 4 nicht dargestellten) Kontaktrohre wird durch Einstellen der Drosselorgane 36 im Kreislauf der abgeführten und zugeführten Teilmengen erreicht. Diese Drosselorgane können zunächst von Hand eingestellt werden und dann im allgemeinen in einer bestimmten Lage bleiben.

Fig. 5 zeigt eine Anordnung, bei welcher der Reaktionsbehälter 42 durch zwei Trennscheiben 43,

44 in drei nicht miteinander verbundene, übereinanderliegende Abschnitte 42', 42'', 42''' unterteilt ist. Jeder dieser Abschnitte kann bezüglich der Betriebsweise als Reaktor oder als sonstiger Wärmetauscher mit eigener Umwälzpumpe und selbständiger Regelung für sich betrachtet werden. Im Abschnitt 42' wird das Wärmetauschnitt im Kreislauf mittels der Pumpe 45 und über die Ringleitungen 46, 47 umgewälzt. Dieser Abschnitt ist exotherm und hat eine niedrigere Temperatur als der benachbarte Abschnitt 42''. Die Regelung des Abschnittes 42' erfolgt dadurch, daß eine mittels des Regelorgans 48 veränderbare Teilmenge von relativ kälterem Wärmetauschnitt aus dem Abschnitt 42'' zugeführt wird. Die Einstellung des Regelorgans 48 erfolgt selbsttätig in Abhängigkeit von der Temperatur an einem bestimmten Punkt *b* im Abschnitt 42' des Reaktionsbehälters. Eine gleich große Teilmenge des Wärmetauschnitts wird dem Kreislauf des Abschnittes 42' über die Leitung 49 entzogen und dem Kreislauf des benachbarten Abschnittes 42'' im Bereich der zugehörigen Pumpe 50 und der von einem Kühlmittel durchströmten Rohrschlange 51 wieder zugeführt. Die Temperaturregelung des in diesem Bereich 42'' über die Ringleitung 52 abgeführten und über die Ringleitung 53 wieder zugeführten Wärmetauschnitts erfolgt durch die mittels des Regelorgans 54 veränderbare Kühlmittel-Durchflußmenge in der Rohrschlange 51.

Der Abschnitt 42''' ist endotherm und hat ein höheres Temperaturniveau als die anderen beiden Abschnitte 42' und 42''. In diesem Fall gibt das durch die Ringleitung 55 zugeführte und die Ringleitung 56 abgeführte Wärmetauschnitt, dessen Kreislauf durch die Pumpe 57 aufrechterhalten wird, im Bereich des Abschnittes 42''' des Reaktionsbehälters Wärme an die Kontaktrohre ab, die ihm dann durch ein durch die Rohrschlange 58 strömendes Heizmittel wieder zugeführt wird. Die Heizmittelmenge ist mittels eines Regelorgans 59 veränderbar. Bei dieser Ausführung wird, wie die Pfeillinien erkennen lassen, das Wärmetauschnitt nur in den Endbereichen der Ringkanäle 55, 56 radial zum Kontaktrohrbündel, d. h. in Querrichtung der einzelnen Kontaktrohre geführt, während es in dem dazwischenliegenden mittleren Bereich parallel zu den Kontaktrohren strömt. Ein solcher Strömungsverlauf wird in an sich bekannter Weise durch Anordnung von zwei Umlenkscheiben 60, 61 erreicht, die den mittleren Bereich gegen die beiden Endbereiche abgrenzen und zum Unterschied von den zwischen zwei benachbarten Radialströmungsbereichen angeordneten Umlenkscheiben (in Fig. 1 mit 7 bzw. 8 bezeichnet) sich quer durch den ganzen Innenraum des Reaktionsbehälters erstrecken und Durchtrittsöffnungen aufweisen, deren Querschnitte entsprechend dem Druckgefälle auf der Anströmseite der Scheiben im Bereich der einzelnen Kontaktrohre zunehmen, um eine möglichst gleichmäßige Beaufschlagung aller Kontaktrohre zu erreichen.

Für den Zu- und Ablauf des Wärmetauschnitts am Reaktionsbehälter 42 sind gemäß Fig. 5 die Ringleitungen 46, 47; 52, 53; 55, 56 innerhalb des doppelwandigen Behältermantels untergebracht. Die Umlenk- und die Trennscheiben sind dabei zur Begrenzung der Ringleitungen bis zur äußeren Wand des Behältermantels durchgeführt.

Aus Fig. 6 ist in einer Einzeldarstellung ersicht-

lich, wie durch Einwalzen der Kontaktrohre 2 in die Trennscheiben 43, 44 eine gegenseitige Abdichtung der Abschnitte 42', 42'' bzw. 42'', 42''' erreichbar ist.

Es ist ferner möglich, entsprechend den unterschiedlichen Reaktionsvorgängen in einzelnen Abschnitten innerhalb der Kontaktrohre verschiedene Katalysatoren oder Inertmaterialien unterzubringen, die, soweit erforderlich, durch entsprechend über-

einander angeordnete Kontaktrohrverschlüsse voneinander getrennt werden können.

Alle Ausführungen gemäß der Erfindung mit Kühleinrichtungen sind auch bei Reaktionsapparaten für endotherme chemische Prozesse verwendbar. Dann müssen lediglich die Kühler durch Heizeinrichtungen ersetzt werden, um das Wärmetauschmittel nach der Wärmeabgabe an die Kontaktrohre wieder auf seine ursprüngliche Temperatur zu bringen.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

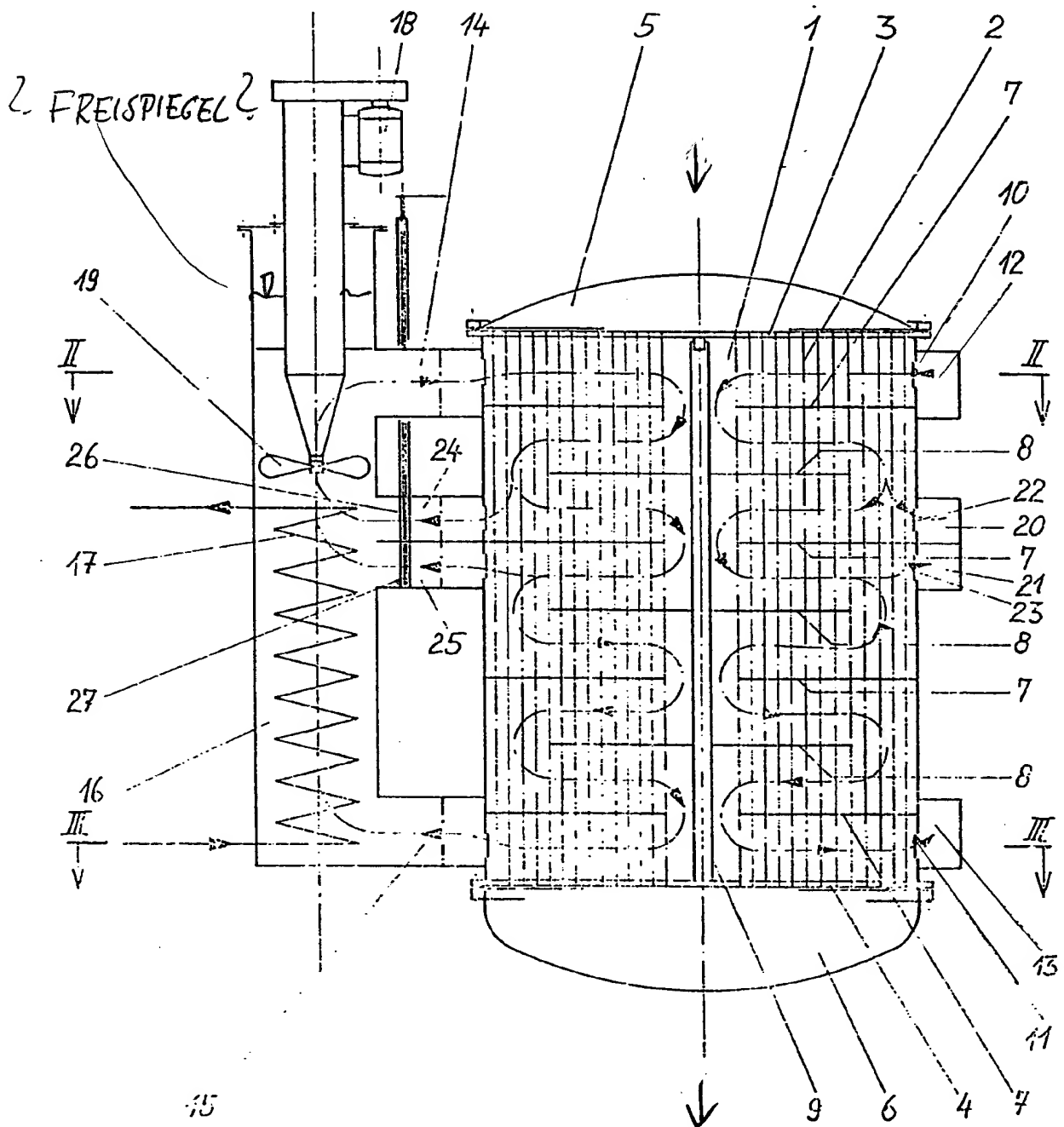


Fig. 2

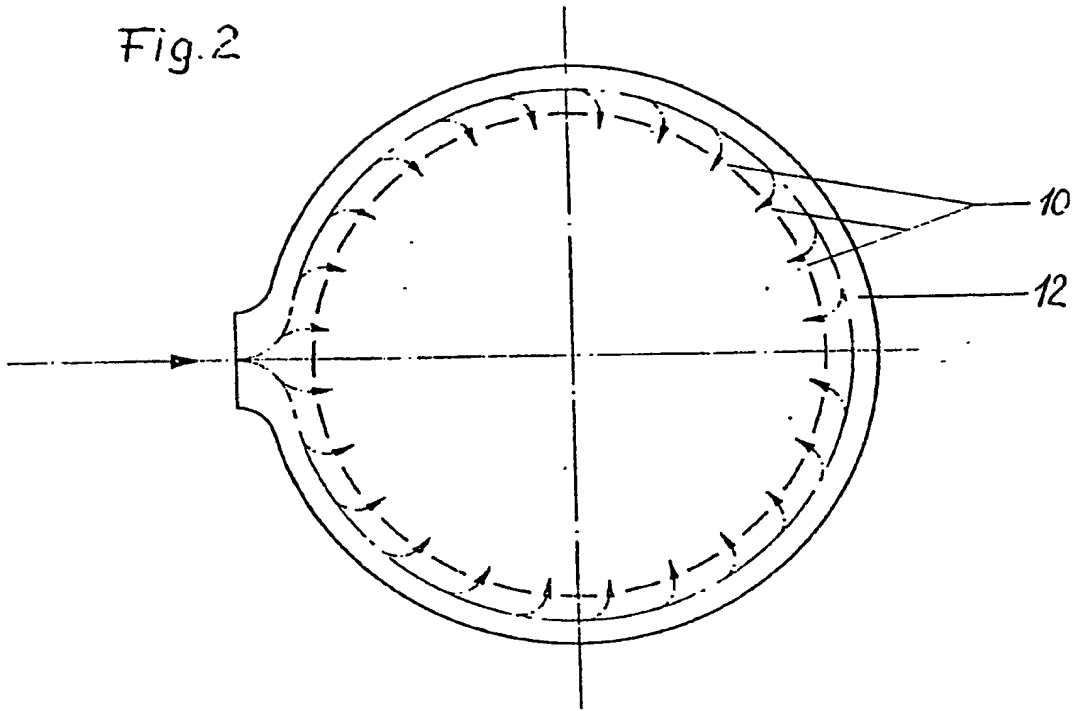
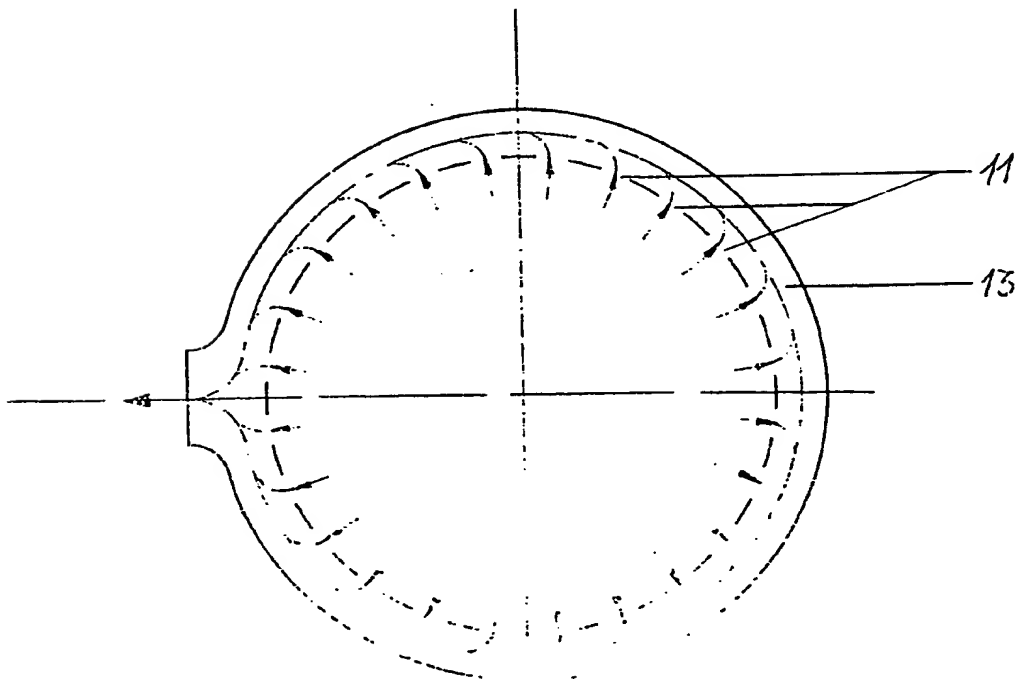


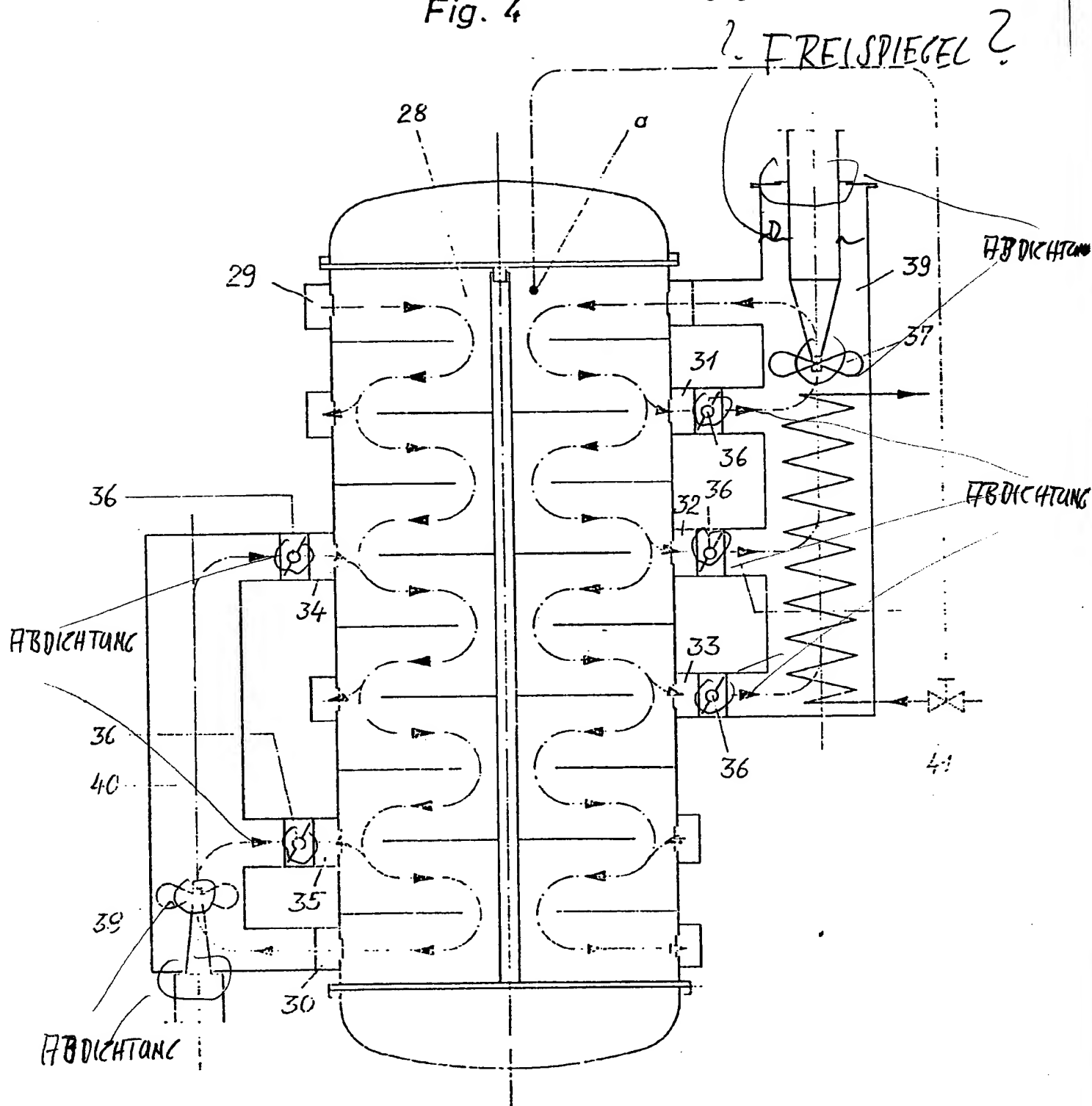
Fig. 3



209 545/517

COPY

Fig. 4



REPARATUR NUR NACH SALZABLASSEN !

COPY

Nummer: 2 201 528
 Int. Cl.: B 01 j, 9/04
 Deutsche Kl.: 12 g, 4/02
 Auslegungstag: 2. November 1972

Fig. 5

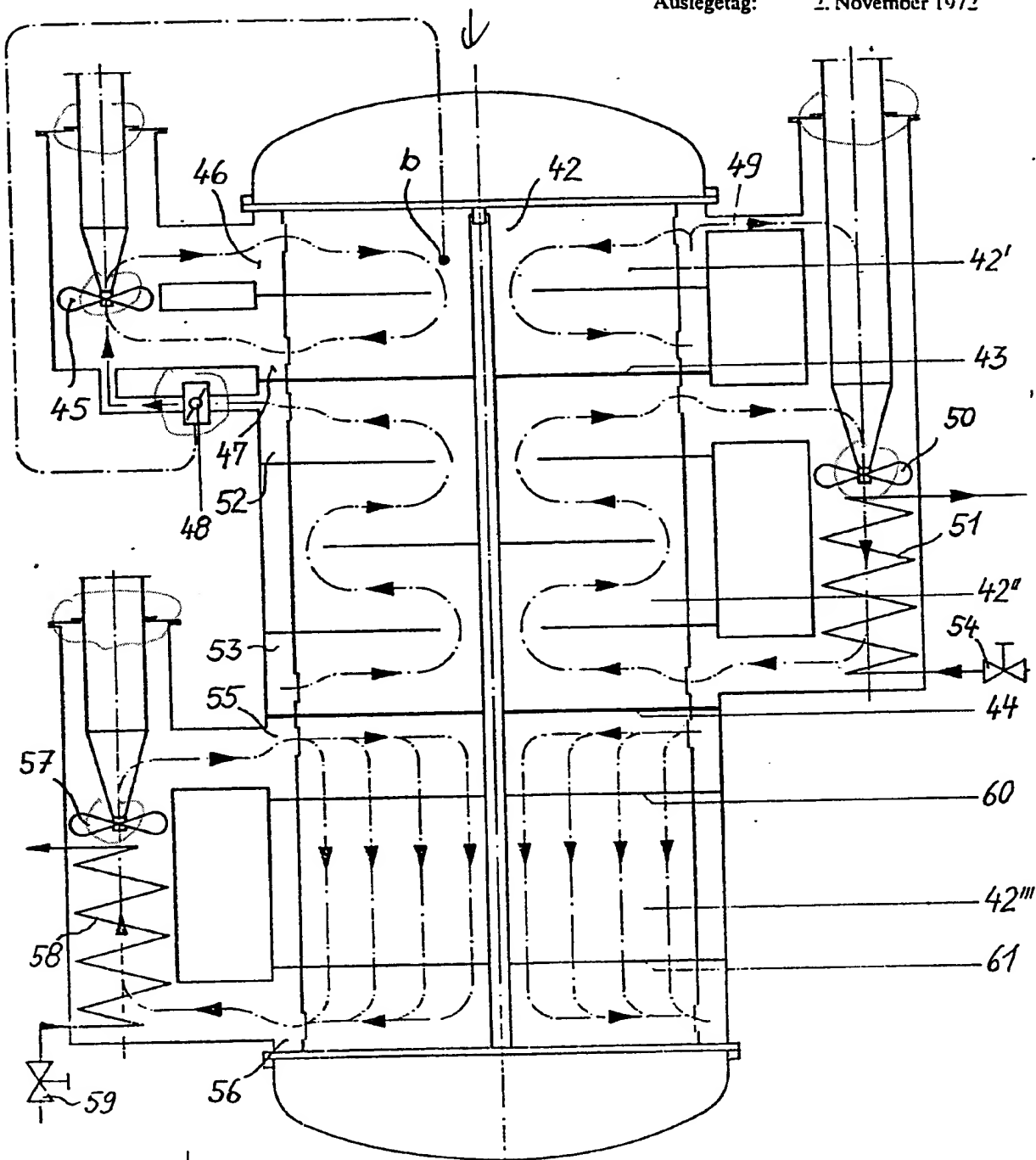
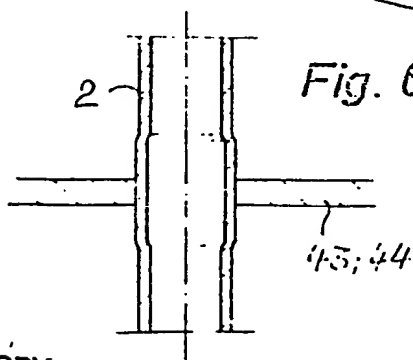


Fig. 6



COPY